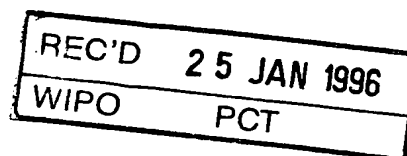


KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 04 oktober 1994 onder nummer 9401632,
ten name van:

FANCOM B.V.

te Panningen

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Debietsensor",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

PRIORITY DOCUMENT

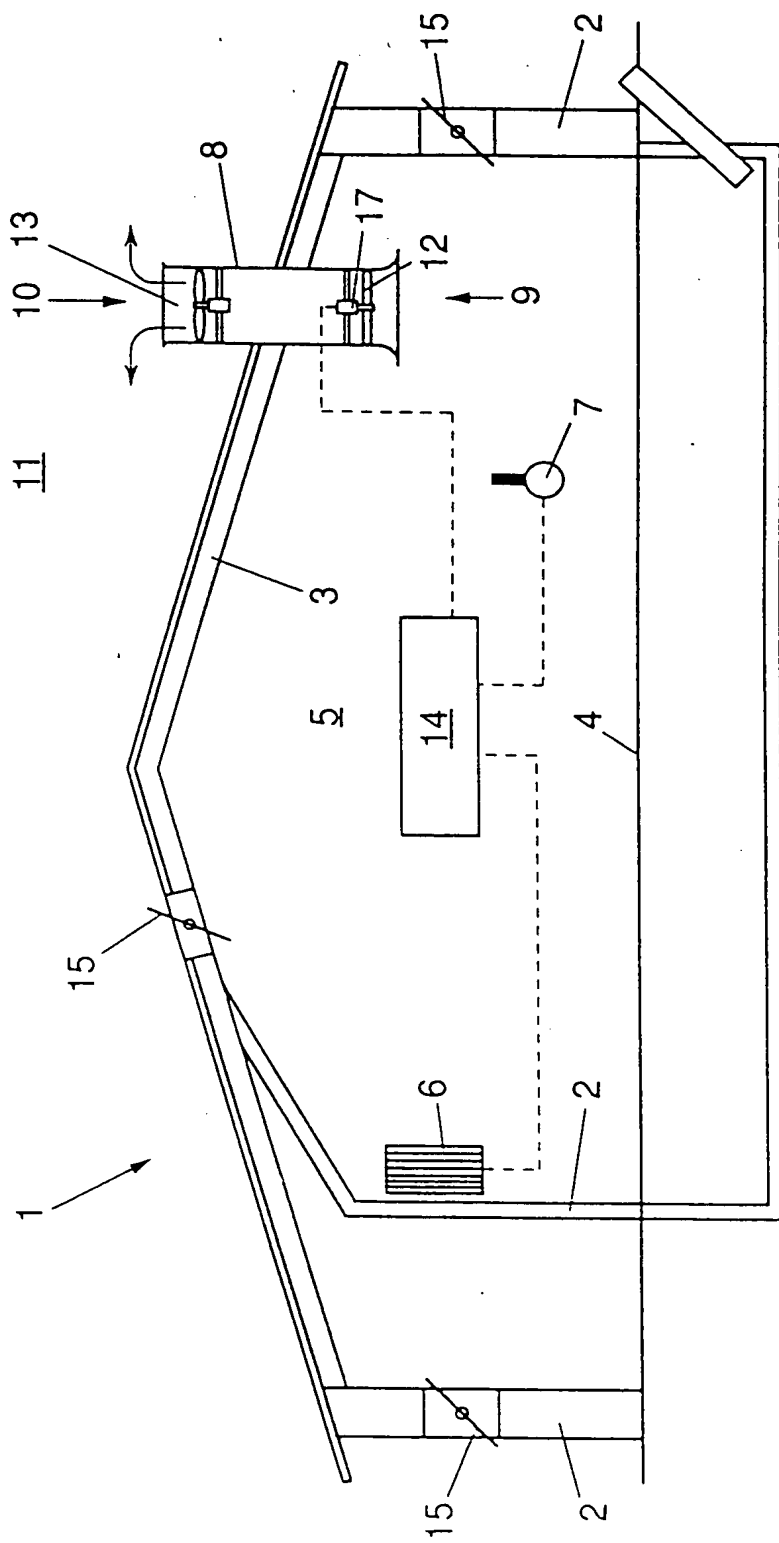
Rijswijk, 26 oktober 1995.

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

P.R.T.F. Tupan

U I T T R E K S E L

Debietsensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij luchtdebietmeting, voorzien van een in een buissectie vrijdraaiend opgehangen vleugelrad dat is voorzien van een centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstreckende bladen, waarbij ten minste één blad zich vanaf de kern uitstrekt tot nabij de binnenwand van de buissectie, waarbij meetmiddelen zijn opgenomen voor het meten van het aantal omwentelingen van het vleugelrad per tijdseenheid, waarbij de debietsensor is ingericht voor het bij een door de buis voeren van een calibratie-debiet met behulp van de meetmiddelen registreren van een bijbehorend calibratie-toerental van het vleugelrad.



Titel: Debietsensor.

De uitvinding heeft betrekking op een debietsensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij luchtdebietmeting, voorzien van een in een buissectie vrijdraaiend opgehangen vleugelrad.

5 Bij bekende debietsensoren van het bovengenoemde type wordt als vleugelrad bijvoorbeeld een ventilator-vleugelrad toegepast dat in een buissectie is opgesteld, zodanig dat het daarin vrij kan draaien. De rotaties van het vleugelrad worden gemeten, waarna uit de rotatiesnelheid het door de buissectie
10 stromende debiet met enigerlei nauwkeurigheid wordt vastgesteld. Bij de bekende debietsensoren is het verband tussen een gemeten toerental en het door de buissectie stromende debiet niet lineair en bovendien afhankelijk van de drukval over het meetsysteem. Met name bij lage toerentallen
15 en kleine debieten en bij grote drukverschillen over de kokersectie kan een sterk afwijkend gedrag ontstaan.

Een ventilator-vleugelrad is zodanig ontworpen dat daardoor een rotatie-energie kan worden omgezet in een luchtbeweging. Daarop is het aantal bladen en de blad-
20 configuratie van het ventilator-vleugelrad gekozen. Bij gebruik van een dergelijk ventilator-vleugelrad als vrijdraaiend, dat wil zeggen niet met behulp van een motor of dergelijk middel aangedreven vleugelrad zal, in het bijzonder bij lage toerentallen en/of grote drukverschillen tussen de
25 beide zijden van het vleugelrad het verband tussen de rotatiesnelheid en de debieten die door het door het vleugelrad bestreken oppervlak worden gevoerd sterk afwijken van een lineair verband, en bovendien direct afhankelijk zijn van het drukverschil over de kokersectie.

30 Bij lage toerentallen en grote drukverschillen zal lucht door het vleugelrad worden teruggevoerd, de zogenoemde back-flow, waardoor bij een gelijkblijvend debiet de rotatiesnelheid van het vleugelrad wordt veranderd, bijvoorbeeld als gevolg van een nabij opgestelde ventilator.
35 Bovendien heeft een ventilator-vleugelrad veelal sterke luchtturbulenties tot gevolg, met eveneens als gevolg dat de

94 0 1 6 3 2

werking van de debietsensor negatief wordt beïnvloed. Dit betekent dat dergelijke debietsensoren een slechte meetkarakteristiek hebben, met name bij lage debieten en dat deze bekende debietsensoren met name niet drukonafhankelijk
5 zijn.

De uitvinding beoogt een debietsensor van de in de aanhef beschreven soort, waarbij de genoemde nadelen zijn vermeden, met behoud van de voordelen. De debietsensor volgens de uitvinding wordt daartoe gekenmerkt door de maatregelen
10 volgens conclusie 1.

De bladhoeken van de verschillende doorsneden van de bladen van het vleugelrad van de debietsensor volgens de uitvinding leveren een debietsensor met een nagenoeg drukonafhankelijke meetkarakteristiek binnen het meetbereik
15 van de debietsensor. De ontwerpkoppel te noemen calibratie-combinatie, bestaande uit een calibratie-debiet en een calibratie-toerental kan daarbij zodanig worden gekozen dat deze meetkarakteristiek eenvoudig aanpasbaar is aan de meetmiddelen en eventuele verdere middelen voor de verwerking van de geregistreeerde toerentallen van het vleugelrad tijdens gebruik. De volgens de uitvinding gegeven karakteristiek van
20 het verloop van de bladhoeken over de bladen van het vleugelrad biedt het voordeel dat, uitgaande van een voor de gewenste toepassing geschikt ontwerpkoppel en een geschikte buissectie-diameter altijd een in hoofdzaak drukonafhankelijke
25 debietsensor kan worden verkregen. Dat wil zeggen dat voor elke toepassing een debietsensor kan worden ontworpen met een in hoofdzaak lineaire meetkarakteristiek, welke meetkarakteristiek ten minste het gekozen ontwerpkoppel omvat.
30 Door de constructie is, zeker in combinatie met een geschikte materiaalkeuze de debietsensor geschikt voor gebruik in stoffige en corrosieve omgevingen, bij sterk wisselende temperaturen en bij verschillende vochtigheden. De debietsensor kan worden gebruikt voor gasdebietmeting maar is
35 ook geschikt voor gebruik bij vloeistofdebietmeting.

Een debietsensor volgens de uitvinding is in het bijzonder geschikt voor gebruik in industriële, agrarische en civiele toepassingen inzake klimaatsturing, procesbeheersing,

emissiesturing, emissiemeting in praktijkomstandigheden en dergelijke.

Een nadere uitwerking van de debietsensor volgens de uitvinding wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens
5 conclusie 2.

Bij gebruik van een debietsensor met een vrijdraaiend vleugelrad is het van belang dat het toerental van het vleugelrad tijdens gebruik binnen gegeven grenzen blijft bij een minimaal en maximaal te meten debiet, ten einde
10 verstoringen van de meetkarakteristiek uit te sluiten. Bij te hoge toerentallen zullen bewegingen van de bladen een onrustig gedrag van het vleugelrad tot gevolg hebben waardoor de meetnauwkeurigheid en de gevoeligheid nadelig wordt beïnvloed. Bovendien treden bij te hoge toerentallen van het vleugelrad
15 onaanvaardbare geluidsproductie en slijtage op. Bij te lage toerentallen wordt de meetnauwkeurigheid van de debietsensor te laag.

Ten einde een beter meetgedrag van de debietsensor te verkrijgen binnen het gewenste meetbereik wordt de debietsensor bij voorkeur gekenmerkt door de maatregelen volgens
20 conclusie 3.

In een bijzonder voordelige uitvoeringsvorm wordt de debietsensor volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusies 4 en 5.

25 Door het vleugelrad te voorzien van twee, bij voorkeur diametraal tegenover elkaar gelegen bladen wordt een stabiel vleugelrad verkregen dat eenvoudig kan worden gelagerd, aangezien slechts minimale krachten op de lagering worden uitgeoefend. Het vleugelrad volgens de uitvinding is immers
30 anders dan het vleugelrad van de bekende debietsensoren, niet ontworpen voor de overdracht van energie. Slechts de wrijving van de lagering behoeft overwonnen te worden. Daarbij wordt bovendien slechts een zeer klein deel van het frontaal oppervlak van de buissectie door een stilstaand vleugelrad
35 bestreken. Als gevolg van deze maatregelen is de stromingsweerstand, en daarmee de invloed van het vleugelrad op het stromingspatroon in de buissectie minimaal. Doordat de bladen zich tot nabij de binnenwand van de buissectie

uitstrekken wordt tijdens één omwenteling van het vleugelrad de gehele buissectie bestreken. Dit heeft bij het vleugelrad volgens de uitvinding het voordeel dat het bewegingspatroon daarvan daardoor onafhankelijk is van het stromingspatroon in de buissectie. De debietsensor volgens de uitvinding kan bij 5 zowel turbulente als bij laminaire stroming in de buissectie worden gebruikt zonder dat de meetkarakteristiek wordt beïnvloed terwijl de debietsensor steeds accuraat blijft functioneren.

10 In een alternatieve uitvoeringsvorm wordt de debietsensor gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 9.

Door plaatsing van een ventilator in de buissectie wordt een compacte inrichting verkregen die eenvoudig plaatsbaar is, waarbij het vleugelrad en de ventilator optimaal op 15 elkaar kunnen worden afgestemd. Plaatsing van de ventilator stroomafwaarts van het vleugelrad heeft een hoge nauwkeurigheid van de debietsensor tot gevolg.

Het is daarbij bijzonder voordelig indien de debietsensor tevens wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens 20 conclusie 10.

De tegengestelde rotatierichting van de ventilator en het vleugelrad geeft een voordelig stromingspatroon binnen de buissectie, waardoor nadelige verstoringen van de meetkarakteristiek, bijvoorbeeld door ongewenste vibraties, worden 25 verhinderd.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een vleugelrad van de in de kop van conclusie 14 beschreven soort, welk vleugelrad volgens de uitvinding wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens het kenmerkende deel van conclusie 14.

30 Een dergelijk vleugelrad is bijzonder voordelig plaatsbaar binnen een buissectie en alsdan geschikt voor gebruik bij een debietsensor, aangezien dit in hoofdzaak een drukonafhankelijke rotatie-karakteristiek heeft. Het vleugelrad kan daarbij eenvoudig op de diameter van een geschikte 35 buissectie worden aangepast, zodanig dat bij één rotatie van het vleugelrad binnen de buissectie in hoofdzaak de gehele doorsnede van die buissectie door de bladen wordt bestreken.

De uitvinding heeft bovendien betrekking op een ventilatieinrichting, in het bijzonder geschikt voor gebruik voor de ventilatie van ruimten, en op een werkwijze voor de vervaardiging van een debietsensor, voorzien van een in een
5 buissectie opgesteld vrijdraaiend vleugelrad.

Ter verduidelijking van de uitvinding zullen uitvoeringsvoorbeelden van een debietsensor en een ventilatieinrichting, onder verwijzing naar de tekening, worden beschreven. Daarin toont:

10 Fig. 1 een doorgesneden aanzicht van een stal, voorzien van een ventilatieinrichting;

fig. 2 een gedeeltelijk doorgesneden zij-aanzicht van een debietsensor volgens de uitvinding;

fig. 3 een doorgesneden aanzicht van een vleugelrad
15 volgens de lijn III - III in fig. 2;

fig. 4 schematisch de onderzijde van een bladdoorsnede volgens fig. 3; en

fig. 5 een vooraanzicht van een vleugelrad.

Fig. 1 toont een stal 1 die een door een aantal
20 wanden 2, een dak 3 en een vloer 4 bepaalde binnenruimte 5 omvat. In de binnenruimte 5 zijn verwarmingsmiddelen 6 en meetmiddelen 7 voor de bepaling van de samenstelling van de lucht in de binnenruimte 5 aangebracht. In het dak 3 is een buissectie 8 aangebracht die met een eerste open einde 9 in
25 verbinding staat met de binnenruimte 5, en met het tegenovergelegen tweede open einde 10 aansluit op de buitenruimte 11 van de stal 1. In de buissectie 8, die een cirkelvormige binnendoorsnede heeft, is nabij het naar binnen gekeerde eerste open einde 9 een vleugelrad 12 vrij draaibaar
30 opgehangen, welk vleugelrad 12 nog nader zal worden besproken. Nabij het tweede open einde 10 is een ventilator 13 in de buissectie geplaatst, met behulp waarvan lucht vanuit de binnenruimte 5 via de buissectie 8 naar de buitenruimte 11 kan worden afgevoerd.

35 De verwarmingsmiddelen 6, de luchtsamenstellingsmeetmiddelen 7, het vleugelrad 12 en de ventilator 13 zijn alle verbonden met een controle- en stuureenheid 14, bijvoorbeeld een door een computer gestuurde regeleenheid. Met

de regeleenheid 14 zijn tevens gestuurde ventilatie-regelkleppen 15 in de wanden 2, het dak 3 en/of de vloer 4 verbonden. Op basis van de gemeten luchtsamenstelling worden de ventilatie-regelkleppen 15 open en dicht gestuurd, waarbij
 5 de ventilator 13 zodanig wordt aangestuurd dat een gewenst luchtdebiet, noodzakelijk voor de verversing van de lucht in de binnenruimte 5, door de buissectie 8 wordt afgevoerd. Het is daarbij van belang dat het afgevoerde luchtdebiet nauwkeurig wordt bepaald en geregeld, ten einde een optimale
 10 ventilatie van de binnenruimte 5 te verkrijgen, zonder dat bijvoorbeeld onnodig veel warmte verloren gaat en zonder dat tocht ontstaat.

Het vleugelrad 12 is voorzien van twee diametraal tegenover elkaar geplaatste bladen 16 die zijn bevestigd aan
 15 een kern 30 die licht lopend is gelegerd in een huis 32, welk huis met behulp van een aantal radiale spaken 33 centraal is opgehangen binnen de buissectie. De kern 30 heeft een klein frontaal oppervlak en is aerodynamisch gevormd, waardoor het stromingspatroon van de lucht binnen de buissectie 8 minimaal
 20 door de kern 30 wordt beïnvloed. De draaiingsas S van het vleugelrad 12 valt samen met de lengteas van de buissectie 8. De bladen 16 strekken zich tot dicht bij de binnenwand van de buissectie 8 uit. De afstand tussen de binnenwand van de buissectie 8 en het vrije einde van het blad 16 bedraagt
 25 minder dan 2% van de doorsnede van de buissectie, en bij voorkeur ongeveer 1%. Daardoor wordt tijdens gebruik nagenoeg de volledige dwarsdoorsnede van de buissectie door de bladen 16 bestreken, waardoor de debietsensor zowel bij turbulente als bij laminaire stroming in de buissectie kan worden
 30 gebruikt. De draairichting van het vleugelrad is bij voorkeur tegengesteld aan de draairichting van de ventilator.

De buissectie is aan het eerste open einde 9 in de getoonde uitvoeringsvorm voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand 31, waarvan de kromtestraal R groter is dan 10%
 35 van de diameter D van de buissectie. Het vleugelrad is daarbij bij voorkeur ofwel geplaatst ter hoogte van de instroomrand 31, ofwel op een afstand van de instroomrand 31 die ten minste de helft bedraagt van de diameter D van de buissectie 8. Door

één van deze configuraties toe te passen wordt invloed van het instroomp patroon van de lucht in de buissectie 8 op de meetkarakteristiek van de debietsensor verhinderd. Voorts zijn daartoe het vleugelrad 12 en de ventilator 13 op een onderlinge afstand van elkaar geplaatst, welke afstand ten minste overeenkomt met de diameter D van de buissectie 8.

Voor het meten van het debiet dat door de buissectie 8 wordt gevoerd is het vleugelrad 12 voorzien van meetmiddelen 17 voor het bepalen van het toerental van het vleugelrad 12. Het gemeten toerental is daarbij een indicatie voor het debiet, op basis waarvan met behulp van de regelenheid 14 bijvoorbeeld de rotatiesnelheid van de ventilator 13 kan worden bijgesteld, de stand van de verschillende regelkleppen 15 kan worden aangepast en de verwarming 6 kan worden bijgesteld.

Ten einde uit het toerental van het vleugelrad 12 op goedkope en betrouwbare wijze het debiet te kunnen berekenen is het van belang dat er een lineair verband bestaat tussen het debiet en het gemeten toerental, ongeacht drukverschillen tussen de binnenruimte 5 en de buitenruimte 11 en ongeacht het stromingspatroon binnen de buissectie 8. Dit lineaire verband wordt in hoofdzaak bepaald door de configuratie van het vleugelrad 12, en in het bijzonder door de bladconfiguratie.

Voor de bladen 16 van het vleugelrad 12, zoals weergegeven in fig. 2, geldt daartoe dat de bladhoek H van elke doorsnede voldoet aan de vergelijking

$$[\operatorname{tg}(H(r)) * \operatorname{Caldeb} * C] / [r * D^2] = \operatorname{Calrev} \quad [1]$$

waarbij

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H(r) = bladhoek van doorsnede op afstand r (°);

Caldeb = calibratie-debiet (m³/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

waarbij C is gelegen tussen 0,003 en 0,004 bij voorkeur 6,67/1974 is. In de praktijk wijkt de bladhoek bij voorkeur maximaal 3° af van de optimale bladhoek.

De bladhoek H is gedefinieerd als de hoek die het blad 16 insluit met de draailingsas S van het vleugelrad 12, zoals weergegeven in figuur 3.

Voor het berekenen van de geschikte configuratie voor de bladen 16 is daarbij uitgegaan van een voor de toepassing geschikt ontwerp-koppel te noemen calibratie-combinatie K , die bestaat uit een calibratie-debiet Caldeb en een bijbehorend calibratie-toerental Calrev. Het ontwerp-koppel K wordt daarbij onder andere gekozen op basis van de te gebruiken regelen-
eenheid 14 en toerentalmeetmiddelen 17, en vormt een punt op de meetkarakteristiek van de debietsensor. In tabel 1 zijn als voorbeeld de bladhoeken weergegeven van een vleugelrad 12 dat drukonafhankelijk is, en dat daardoor bijzonder geschikt is voor gebruik in een debietsensor volgens de uitvinding.

Tabel 1

Caldeb	500 m ³ /h	Maxdeb	8.000 m ³ /h
Calrev	125 omw/min	Maxrev	2.000 omw/min
D	0,45 m	Mindeb	120 m ³ /h
C	0,0034	Minrev	30 omw/min

r (m)	$H(r)$ (°)	B (m)
0,05	36,8	0,100
0,06	42,0	
0,07	46,4	
0,08	50,2	
0,09	53,4	
0,10	56,3	0,061
0,11	58,8	
0,12	60,9	
0,13	62,8	
0,14	64,5	
0,15	66,0	0,051
0,16	67,4	
0,17	68,6	
0,18	69,7	
0,19	70,6	
0,20	71,5	0,047
0,21	72,4	

Voor een verdere optimalisering van de debietsensor, en in het bijzonder het vleugelrad 12 wordt vervolgens voor althans het grootste deel van elk blad 16 voor elke doorsnede

een geschikte bladbreedte B bepaald die voldoet aan de vergelijking

$$[r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1 \quad [2]$$

waarbij:

- 5 r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het
 centrum van de kern (m);
 r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het
 centrum van de kern (m);

waarbij $r_2 > r_1$;

- 10 H_1 = bladhoek eerste doorsnede (°);
 H_2 = bladhoek tweede doorsnede (°);
 B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en
 B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

waarbij voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze
15 in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek H en
bladbreedte B over het blad een vloeiend verloop hebben. Voor
toepassing van het vleugelrad in een luchtdebietsensor in een
situatie zoals gegeven in fig. 1 dient de breedte van het blad
daarbij bij voorkeur te liggen tussen de 1 en 15 cm. Voor de
20 in tabel 1 beschreven uitvoeringsvorm is uitgegaan van een
bladbreedte B van 10 cm op een afstand van 5 cm. Het verloop
van de breedte over het blad is in tabel 1 in de rechter kolom
weergegeven. De kern heeft in de getoonde uitvoeringsvorm een
doorsnede van ongeveer 10 cm.

25 Bij luchtdebietmeting met behulp van een vrijdraaiend
vleugelrad dient het toerental bij voorkeur binnen een bepaald
bereik gehouden te worden. Bij te hoge toerentallen van het
vleugelrad 12 bestaat een grote kans op instabiliteit van de
bladen 16 van het vleugelrad, waardoor de meetkarakteristiek
30 nadelig wordt beïnvloed. Bovendien treedt daardoor grote
slijtage op van de verschillende onderdelen van de inrichting
en treedt een onaangenaam geluidsniveau op. Bij te lage
toerentallen wordt de meetnauwkeurigheid van de debietsensor
te gemakkelijk nadelig beïnvloed.

35 Voor elk vleugelrad 12 kan, gegeven een maximaal en
minimaal toelaatbaar toerental een maximaal en minimaal
meetbaar debiet worden bepaald aan de hand van de
vergelijkingen

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\max}) * \operatorname{Maxdeb} * C] / [r * D^2] < \operatorname{Maxrev} \quad [3]$$

en

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\min}) * \operatorname{Mindeb} * C] / [r * D^2] < \operatorname{Minrev} \quad [4]$$

waarbij:

- 5 $H(r)_{\max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);
 $H(r)_{\min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);
 Maxdeb = maximaal meetdebiet (m^3/h)
 Mindeb = minimaal meetdebiet (m^3/h)
 Maxrev = maximaal meettoerental (omw/min)
10 Minrev = minimaal meettoerental (omw/min)

Door invulling van een bladhoek H en het maximaal toelaatbare toerental in de bovenste vergelijking [3] kan op eenvoudige wijze het maximaal meetbare debiet worden bepaald, door invulling van de bladhoek H en het minimaal toelaatbare toerental in de onderste vergelijking [4] het minimaal meetbare debiet.

Andersom is het aan de hand van dezelfde vergelijkingen [3], [4] eveneens mogelijk aan de hand van het maximaal te meten debiet en het maximaal daarbij toelaatbare toerental een maximaal toelaatbare bladhoek voor elke doorsnede te berekenen, en evenzo een minimale bladhoek voor elke doorsnede door invulling van een minimaal te meten debiet en een minimaal daarbij noodzakelijk toerental. Dit biedt de mogelijkheid voorafgaand aan de bepaling van de bladhoeken voor een vleugelrad 12 de ontwerpgrenzen te bepalen, aan de hand waarvan een gunstige calibratie-combinatie K kan worden gekozen. In tabel 2 is voor een vleugelrad voor de verschillende doorsneden de maximale en minimale bladhoek $H(r)_{\max}$, $H(r)_{\min}$ weergegeven, uitgaande van de in de kop van tabel 2 gegeven ontwerpcriteria.

Tabel 2

Maxdeb	6.000 m ³ /h
Maxrev	2.000 t/min
Mindeb	200 m ³ /h
Minrev	30 t/min
D	0,45 m
C	0,0034

straal m	min. hoek (°)	max. hoek (°)
0,05	24.2	45
0,06	28.3	50.2
0,07	32.2	54.4
0,08	35.7	58
0,09	39	60.9
0,10	42	63.4
0,11	44.7	65.5
0,12	47.2	67.4
0,13	49.4	68.9
0,14	51.5	70.3
0,15	53.4	71.5
0,16	55.2	72.6
0,17	56.8	73.6
0,18	58.3	74.5
0,19	59.7	75.2
0,20	60.9	76
0,21	62.1	76.6
0,22	63.2	77.2
0,23	64.2	77.7
0,24	65.1	78.2
0,25	66	78.7
0,26	66.8	79.1
0,27	67.6	79.5
0,28	68.3	79.9

5

Wanneer een ontwerpkoppel K is gekozen kunnen de optimale bladhoeken H worden bepaald door invulling in de eerste vergelijking [1]. Indien blijkt dat de gevonden bladhoeken H te veel buiten de met de derde en vierde vergelijking [3], [4] gevonden grenswaarden liggen, kan een aangepaste ontwerpkoppel K worden gekozen. Op deze wijze kan het verloop van de bladhoeken eenvoudig worden geoptimaliseerd. Vervolgens kan voor elke bladdoorsnede de breedte worden bepaald aan de hand van de tweede vergelijking [2], zodanig dat de bladconfiguratie aan de gestelde eisen voldoet en derhalve

15

drukonaafhankelijk is en een gewenste, lineaire meetkarakteristiek levert met een geschikte meetnauwkeurigheid.

Fig. 3 toont een dwarsdoorsnede van een blad 16 van een vleugelrad 12. Het blad 16 heeft een voorzijde 18, een achterzijde 19, een aanstroomzijde 20 en een gebogen bovenzijde 21. De aanstroomzijde 20 is in de weergegeven uitvoeringsvorm nagenoeg vlak, waardoor de drukonaafhankelijkheid van het vleugelrad positief wordt beïnvloed. De kromming van het blad, die wordt gegeven door het verschil tussen de instroomhoek β_1 en de uitstroomhoek β_2 , zoals weergegeven in fig. 4, is kleiner dan 5° , en bij voorkeur ongeveer 0° . De maximale dikte van het blad bedraagt ongeveer 10% van de bladbreedte, en is gelegen op ongeveer $1/3$ van de bladbreedte, gemeten vanaf de voorzijde 18 van het blad 16. De bladhoek H komt overeen met het gemiddelde van de instroomhoek β_1 en de uitstroomhoek β_2 .

In fig. 5 is een vleugelrad 40 weergegeven dat geschikt is voor gebruik in een debietsensor die drukonaafhankelijk is. De bladhoeken H_1 , H_2 van twee doorsneden op verschillende afstanden r_1 , r_2 van de kern 30 voldoen daarbij aan de vergelijking

$$(r_2/r_1) * \tan(H_1) = \tan(H_2) \quad [5]$$

waarbij

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

Uitgaande van een dergelijk vleugelrad 40 kan op eenvoudige wijze een debietsensor worden samengesteld die nagenoeg drukonaafhankelijk is. Daartoe kan bijvoorbeeld, uitgaande van een gekozen bladhoek voor één van de doorsneden van een blad 41, en een geschikt ontwerp-koppel K door invulling van deze waarden in de eerste vergelijking [1] een geschikte buissectie-diameter D worden bepaald. Vervolgens kan de lengte L van de bladen 41 op die buissectie worden afgestemd. Invulling van de gevonden waarden en een maximaal

toelaatbaar toerental in de tweede vergelijking [2] geeft vervolgens een bovengrens voor het meetbereik van de debietmeter; invulling van de derde vergelijking [3] op vergelijkbare wijze een ondergrens. Aangezien de debietsensor een lineaire meetkarakteristiek heeft kan eenvoudig worden bepaald of dit maximale toerental daarbij ook daadwerkelijk zal optreden. Wanneer dit overschreden dreigt te worden zal een andere calibratie-combinatie gekozen moeten worden waarbij derhalve een andere diameter van de buissectie zal horen. Op deze wijze kan steeds de geschikte configuratie voor een drukonafhankelijke debietsensor met het gewenste meetbereik worden verkregen, uitgaande van het vleugelrad 40. Uiteraard kan ook, uitgaande van een ontwerp-koppel, voor iedere buissectie-diameter door invulling van de gevonden waarden in vergelijking [1] de geschikte bladhoek worden bepaald.

Met een werkwijze volgens de uitvinding kan een debietsensor worden verkregen die kan worden toegepast in bijvoorbeeld agrarische, industriële en civiele toepassingen voor gebruik in klimaatsturing, procesbeheersing, emissiemeting en dergelijke. De debietsensor kan worden gebruikt voor bijvoorbeeld lucht- en vloeistofdebietmeting in corrosieve en stoffige omgevingen, bij verschillende temperaturen en vochtigheidsgraden.

De debietsensor kan worden ingericht voor meting van debieten tussen 200 en 6000 m³/h, maar ook grotere en kleinere debieten zijn mogelijk. De bladlengte van het vleugelrad kan ten minste variëren tussen 15 en 40 cm, maar ook grotere en kleinere bladlengten zijn mogelijk. De debietsensor volgens de uitvinding is ten minste bruikbaar bij drukverschillen tussen 0 en 120 pascal en kan een meetnauwkeurigheid bereiken van ± 60 m³/h of minder over het gekozen meetbereik. De uitvinding is uiteraard niet beperkt tot de uitvoeringsvormen zoals weergegeven bij wijze van voorbeelden. Vele variaties zijn mogelijk binnen het raam van de uitvinding.

Zo kan het vleugelrad zijn voorzien van een ander aantal bladen en kan de debietsensor worden gebruikt zonder ventilator, bijvoorbeeld bij natuurlijke ventilatie. Op de

regeleenheid kunnen andere sensoren worden aangesloten, zoals bijvoorbeeld mechanische schakelaars en tijdschakelaars.

In de regeleenheid kunnen verschillende regelprogramma's zijn opgenomen, ingericht voor het beheersen van
5 een proces waarin de debietsensor is opgenomen.

De debietsensor respectievelijk het vleugelrad volgens de uitvinding kan, uitgaande van één of meer van de gegeven parameters, steeds optimaal op het te beheersen proces worden afgestemd. De keuze van de grootte van de parameters wordt
10 daarbij binnen het bereik van de vakman geacht.

C O N C L U S I E S

1. Debietsensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij
 luchtdebietmeting, voorzien van een in een buissectie vrij-
 draaiend opgehangen vleugelrad dat is voorzien van een
 centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstreckende
 5 bladen, waarbij ten minste één blad zich vanaf de kern
 uitstrekt tot nabij de binnenwand van de buissectie, waarbij
 meetmiddelen zijn opgenomen voor het meten van het aantal
 omwentelingen van het vleugelrad per tijdseenheid, waarbij de
 debietsensor is ingericht voor het bij een door de buis voeren
 10 van een calibratie-debiet met behulp van de meetmiddelen
 registreren van een bijbehorend calibratie-toerental van het
 vleugelrad, waarbij voor ten minste een reeks doorsneden van
 het blad geldt dat de bladhoek in hoofdzaak voldoet aan de
 formule

$$[tg(H(r)) * Caldeb * C]/[r * D^2] = Calrev$$

waarbij

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum
 van de kern (m);

$H(r)$ = bladhoek van doorsnede op afstand r (°);

20 $Caldeb$ = calibratie-debiet (m^3/h)

$Calrev$ = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur $6,67/1974$
 is.

25 2. Debietsensor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat
 voor elke doorsnede van het blad geldt dat de bladhoek in
 hoofdzaak voldoet aan de formules

$$[tg(H(r)_{max}) * Maxdeb * C]/[r * D^2] < Maxrev$$

en

$$[tg(H(r)_{min}) * Mindeb * C]/[r * D^2] < Minrev$$

30 waarbij:

$H(r)_{max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r (°);

$H(r)_{min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r (°);

$Maxdeb$ = maximaal meetdebiet (m^3/h)

Mindeb = minimaal meetdebiet (m^3/h)

Maxrev = maximaal meettoerental (omw/min)

Minrev = minimaal meettoerental (omw/min)

3. Debietsensor volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk,
5 dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van het blad geldt dat

$$[r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1$$

waarbij:

10 r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

waarbij $r_2 > r_1$

15 H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en

B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

20 waarbij voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek (H) en bladbreedte (B) over het blad een vloeiend verloop hebben.

4. Debietsensor volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het vleugelrad is voorzien van twee bladen die te zamen met de kern de gehele diameter van de betreffende doorsnede van de buissectie bestrijken, waarbij de bladen bij
25 voorkeur diametraal tegenover elkaar zijn aangebracht.

5. Debietsensor volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de afstand tussen het vrije einde van het of elk blad en de binnenwand van de buissectie minder dan 2%, en bij voorkeur ongeveer 1% van de diameter van de buissectie
30 bedraagt.

6. Debietsensor volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat voor elk blad de bladkromming aan de aanstroomzijde kleiner is dan 5° , en bij voorkeur ongeveer 0° .

7. Debietsensor volgens één der voorgaande conclusies, met
35 het kenmerk, dat voor een doorsnede van elk blad geldt dat de doorsnede de grootste dikte heeft op een afstand van ongeveer $1/3$ van de bladbreedte, gemeten vanaf de voorrand van het

blad, waarbij de grootste bladdikte bij voorkeur ongeveer 10% van de betreffende bladbreedte bedraagt.

8. Debietsensor volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de kern een frontaal oppervlak heeft dat niet
5 meer bedraagt dan ongeveer 10% van de inwendige doorsnede van de buissectie.

9. Debietsensor volgens één der conclusies 1-8, met het kenmerk, dat in de buissectie, stroomafwaarts van het vleugelrad een ventilator is aangebracht voor het via de buissectie
10 vanaf de van de ventilator afgekeerde zijde van het vleugelrad aanzuigen van lucht door het door het vleugelrad tijdens een omwenteling bestreken vlak en het afgeven van die lucht naar buiten de buissectie.

10. Debietsensor volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat
15 tijdens gebruik de ventilator tegengesteld draait aan het vleugelrad.

11. Debietsensor volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de afstand tussen de bladen van de ventilator en de bladen van het vleugelrad ten minste overeenkomt met de diameter van
20 de buissectie.

12. Debietsensor volgens één der conclusies 9-11, met het kenmerk, dat de buissectie aan de zijde van het vleugelrad is voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand die een kromtestraal heeft die groter is dan 10% van de diameter van
25 de buissectie, waarbij het vleugelrad is geplaatst ter hoogte van de instroomrand.

13. Debietsensor volgens één der conclusies 9-11, met het kenmerk, dat de buissectie aan de zijde van het vleugelrad is voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand die een
30 kromtestraal heeft die groter is dan 10% van de diameter van de buissectie, waarbij het vleugelrad is geplaatst op een afstand van de instroomrand die ten minste de helft van de diameter van de buissectie bedraagt.

14. Ventilatieinrichting, in het bijzonder geschikt voor
35 gebruik voor de ventilatie van ruimten, waarbij een debietsensor volgens één der voorgaande conclusies is opgenomen in één van de begrenzingen van een te ventileren ruimte, waarbij schakelmiddelen zijn opgenomen voor het op basis van de door

de meetmiddelen geregistreeerde toerentallen van het vleugelrad en een binnen de ruimte gemeten luchtsamenstelling regelen van de door de debietsensor vanuit de ruimte af te voeren hoeveelheid lucht.

- 5 15. Vleugelrad voor plaatsing in een buissectie, voorzien van een centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstrekken-
de bladen, met het kenmerk, dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van het blad geldt dat de blad-
hoeken voldoen aan de vergelijking

$$10 \quad (r_2/r_1) * \tan(H_1) = \tan(H_2)$$

waarbij

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

15 r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

16. Vleugelrad volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat een calibratie-combinatie van een calibratie-debiet en een
20 calibratie-toerental bestaat waarbij voor in hoofdzaak elke doorsnede van het blad geldt dat de bladhoek voldoet aan de formule

$$[\operatorname{tg}(H(r)) * \operatorname{Caldeb} * C] / [r * D^2] = \operatorname{Calrev}$$

waarbij

25 r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

$H(r)$ = bladhoek op afstand r ($^\circ$);

Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

30 D = diameter beoogde buissectie (m)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur 6,67/1974 is.

17. Werkwijze voor de vervaardiging van een debietsensor, voorzien van een in een buissectie opgesteld vleugelrad dat is
35 voorzien van ten minste een kern, een aantal zich vanaf de kern uitstrekken-
de bladen, kernlagermiddelen, middelen voor de bevestiging van de kernlagermiddelen in een buissectie en vleugelradrotatie-meetmiddelen, waarbij aan de hand van de

toepassing van de debietsensor en het meetbereik van de meet-
middelen een geschikte buissectie-diameter en een geschikte
combinatie van een calibratie-debiet en een daarbij behorend
calibratie-toerental wordt gekozen, waarna de bladhoek van
5 elke doorsnede van het blad wordt bepaald, welke bladhoek
voldoet aan de vergelijking

$$[\operatorname{tg}(H(r)) * \operatorname{Caldeb} * C] / [r * D^2] = \operatorname{Calrev}$$

waarbij

10 r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum
van de kern (m);

$H(r)$ = bladhoek van doorsnede op afstand r (°);

Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

15 waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur 6,67/1974
is.

18. Werkwijze volgens conclusie 17, met het kenmerk, dat een
tijdens gebruik maximaal en minimaal te meten debiet en een
daarbij gewenst maximaal en minimaal toerental van het
20 vleugelrad worden bepaald, waarbij voor elke doorsnede een
bladhoek wordt gekozen waarvoor geldt dat deze is gelegen
tussen twee grenswaarden $H(r)_{\max}$ en $H(r)_{\min}$ die voldoen aan de
formules

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\max}) * \operatorname{Maxdeb} * C] / [r * D^2] < \operatorname{Maxrev}$$

25 en

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\min}) * \operatorname{Mindeb} * C] / [r * D^2] < \operatorname{Minrev}$$

waarbij:

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum
van de kern (m);

30 $H(r)_{\max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r (°);

$H(r)_{\min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r (°);

Maxdeb = maximaal debiet (m^3/h)

Mindeb = minimaal debiet (m^3/h)

Maxrev = maximaal toerental (omw/min)

35 Minrev = minimaal toerental (omw/min)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C is bij voorkeur
6,67/1974.

19. Werkwijze volgens conclusie 17 of 18, met het kenmerk, dat voor elke doorsnede van elk blad een breedte en bladhoek wordt bepaald zodanig dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van het blad geldt dat

$$5 \quad [r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1$$

waarbij:

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

10 r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

waarbij $r_2 > r_1$

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en

15 B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

en zodanig dat voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek (H) en bladbreedte (B) over het blad een vloeiend verloop hebben.

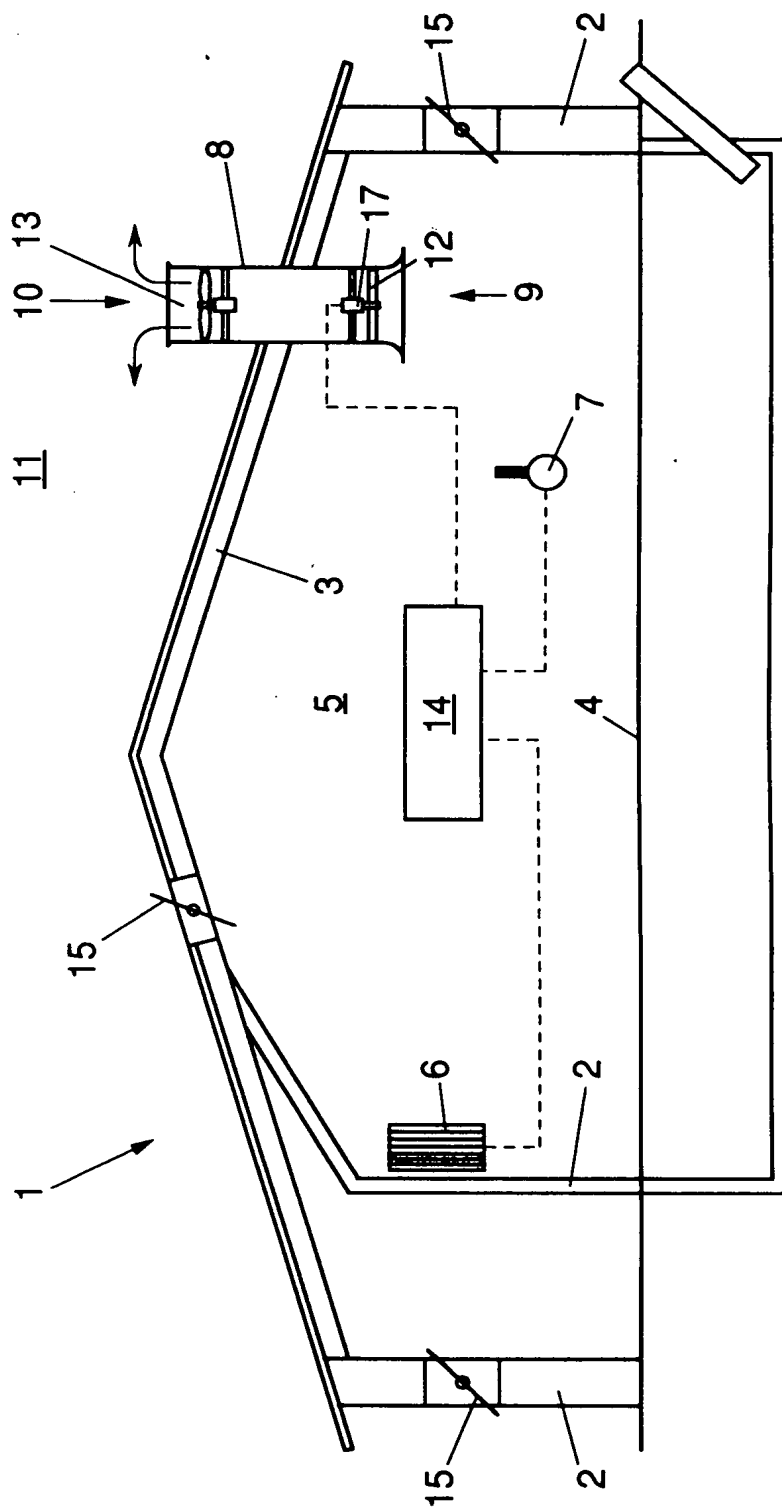


FIG. 1

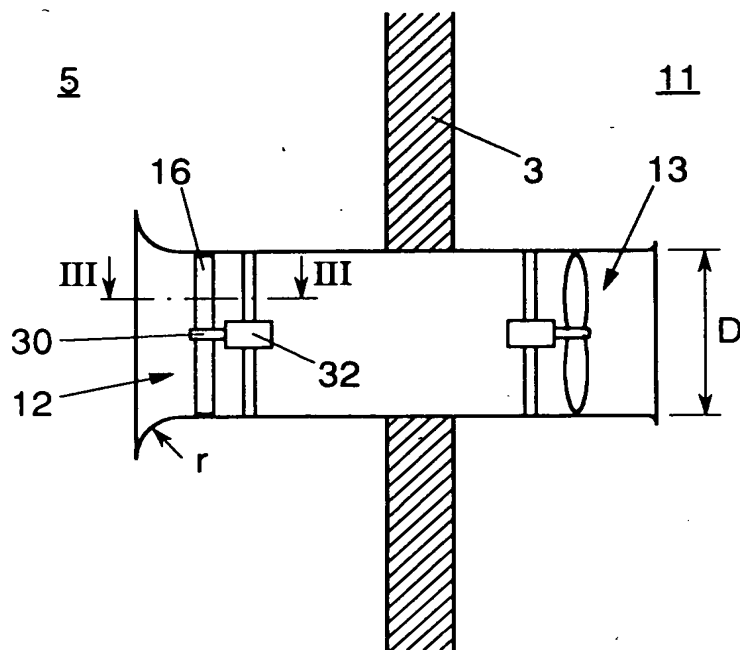


FIG. 2

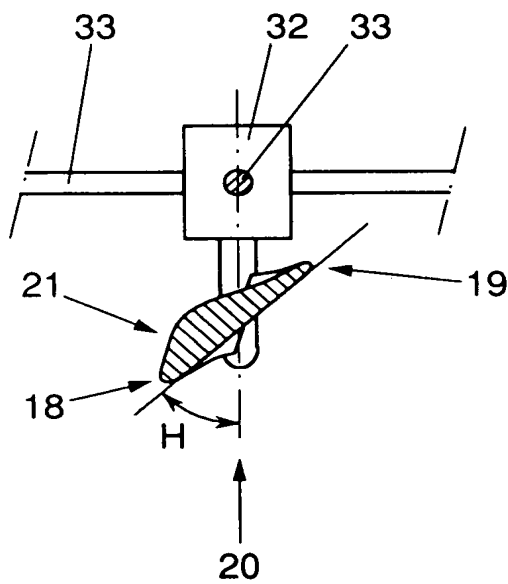


FIG. 3

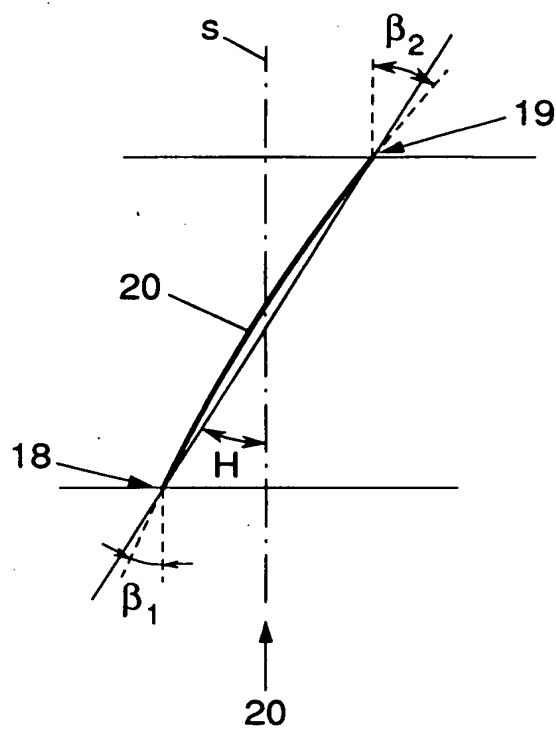


FIG. 4

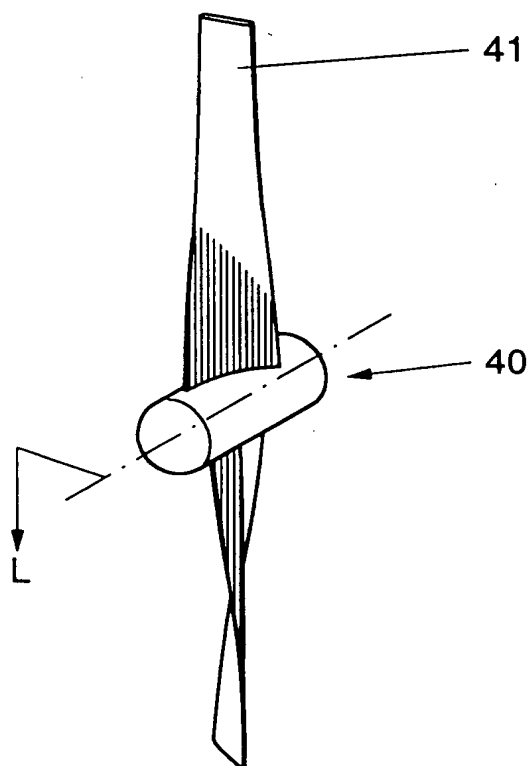


FIG. 5